

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office

出願年月日
Date of Application:

2003年 1月28日

Tetsushi WATANABE Q76552
CONTROL DEVICE OF FUEL INJECTION VALVE
Date Filed: August 21, 2003
Richard C. Turner (202) 293-7060
1 of 1

出願番号
Application Number:

特願2003-019187

[ST.10/C]:

[JP2003-019187]

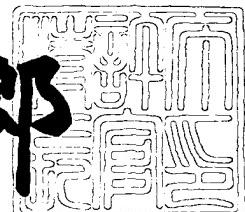
出願人
Applicant(s):

三菱電機株式会社

2003年 3月11日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3015205

【書類名】 特許願

【整理番号】 543437JP01

【提出日】 平成15年 1月28日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 F02D 41/20
F02M 51/06

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内

【氏名】 渡辺 哲司

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内

【氏名】 西澤 理

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内

【氏名】 西田 充孝

【特許出願人】

【識別番号】 000006013

【氏名又は名称】 三菱電機株式会社

【代理人】

【識別番号】 100073759

【弁理士】

【氏名又は名称】 大岩 増雄

【選任した代理人】

【識別番号】 100093562

【弁理士】

【氏名又は名称】 児玉 俊英

【選任した代理人】

【識別番号】 100088199

【弁理士】

【氏名又は名称】 竹中 岳生

【選任した代理人】

【識別番号】 100094916

【弁理士】

【氏名又は名称】 村上 啓吾

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 035264

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 燃料噴射弁の制御装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】 車両に搭載された主電源からの電圧を昇圧する補助電源、前記補助電源の電圧を燃料噴射弁を駆動する電磁ソレノイドに通電する第一の開閉素子、前記主電源からの電圧を前記電磁ソレノイドに通電する第二の開閉素子、前記補助電源の最大出力電圧より高い耐電圧制限特性を有しており、前記電磁ソレノイドに対する供給電流を高速遮断する第三の開閉素子、前記電磁ソレノイドに対する通電電流を検出する電流検出手段、内燃機関の運転情報を入力して前記燃料噴射弁の開弁時期と開弁期間とに対応した開弁信号と開弁駆動信号とを出力する開弁信号発生手段、前記開弁信号発生手段の信号により前記電磁ソレノイドに対する給電を制御する通電制御手段を備え、前記通電制御手段が前記開弁信号発生手段の開弁駆動信号を受けて前記第一の開閉素子により前記補助電源から急速給電を前記電磁ソレノイドに与え、続いて前記第二の開閉素子により前記主電源から持続給電を行い、前記開弁駆動信号終了後の前記開弁信号継続中は前記電流検出手段の検出電流値に基づく帰還制御により前記第二の開閉素子のON/OFF制御による保持給電を行い、前記開弁信号の終了と共に前記第三の開閉素子により前記電磁ソレノイドに対する給電を高速遮断すると共に、前記補助電源の出力電圧の最小値が前記主電源の電圧の最大値より大きな値に設定され、少なくとも前記急速給電中は前記補助電源の昇圧動作を停止するように構成したことを特徴とする燃料噴射弁の制御装置。

【請求項2】 前記補助電源は励磁用開閉素子を介して前記主電源から給電される誘導素子と、前記励磁用開閉素子の開路により前記誘導素子に生成される電圧を充電するコンデンサとからなり、前記コンデンサの電圧が所定値に達したとき、および、前記急速給電と前記持続給電とを合わせた前記開弁駆動信号の継続中においては前記励磁用開閉素子がOFF状態となってコンデンサの充電が停止されることを特徴とする請求項1に記載の燃料噴射弁の制御装置。

【請求項3】 前記急速給電を検出する急速給電検出手段を備えており、前記急速給電検出手段は前記主電源の電圧に比例する第一の電圧と前記第一の開閉

素子の出力電圧に比例する第二の電圧とを比較し、前記第二の電圧が前記第一の電圧より大きくなったときに急速給電検出信号を出力する比較器からなり、前記急速給電検出信号を入力することにより前記励磁用開閉素子をO F F状態として昇圧動作を停止することを特徴とする請求項1または請求項2に記載の燃料噴射弁の制御装置。

【請求項4】 前記保持給電時に前記電磁ソレノイドに通電する保持電流をI h、前記電磁ソレノイドの巻線抵抗をR、前記保持電流通電時に前記電磁ソレノイドに印加される保持電圧をV h = I h × R、前記急速給電時に前記電磁ソレノイドに印加される前記補助電源の平均電圧をV p a、前記持続給電時に前記電磁ソレノイドに印加される前記主電源の電圧をV bとするとき、各印加電圧の関係が

$$(V_{b\max}/V_h)^2 > (V_{pa}/V_h) > (V_{b\min}/V_h)^2$$

を満足することを特徴とする請求項1～請求項3のいずれか一項に記載の燃料噴射弁の制御装置。

【請求項5】 前記補助電源から急速給電を行う第一の開閉素子と、前記主電源から持続給電と保持給電とを行う第二の開閉素子とが前記電磁ソレノイドに對して並列に接続されると共に、前記第二開閉素子には直列に前記急速給電の流入を阻止する逆流阻止ダイオードが接続されたことを特徴とする請求項1～請求項4のいずれか一項に記載の燃料噴射弁の制御装置。

【請求項6】 前記第一の開閉素子と、前記第二の開閉素子とが前記電磁ソレノイドに対して直列に接続され、前記第一の開閉素子と前記第二の開閉素子とが導通することにより前記急速給電が行われ、前記第一の開閉素子が不導通となり前記第二の開閉素子のみが導通を維持しているときに前記持続給電が行われるように構成したことを特徴とする請求項1～請求項4のいずれか一項に記載の燃料噴射弁の制御装置。

【請求項7】 前記電流検出手段の検出する前記電磁ソレノイドに対する通電電流が所定のピーク電流値である第一の閾値を超えたことを判定する第一の比較手段を備えており、前記第一の比較手段がこの閾値超過を判定したとき第一の

判定信号を出力して前記第一の開閉素子をOFFし、前記急速給電を終了させることを特徴とする請求項5または請求項6に記載の燃料噴射弁の制御装置。

【請求項8】 前記開弁駆動信号は前記開弁信号に応動して生成されると共に、前記開弁信号の継続中に終了するように設定されており、前記第一の比較手段が通電電流の閾値超過を判定した後、前記開弁駆動信号の継続期間中は前記第二の開閉素子による持続給電が電磁ソレノイドに与えられることを特徴とする請求項7に記載の燃料噴射弁の制御装置。

【請求項9】 前記電流検出手段の検出する前記電磁ソレノイドに対する通電電流が電磁ソレノイドの開弁保持に必要な最低電流より大きな第二の閾値を下回ったことを判定して第二の判定信号を出力する第二の比較手段を備えており、前記第三の開閉素子は前記開弁駆動信号が終了後、前記第二の比較手段による判定信号が出力されるまでの間、OFFするように構成されたことを特徴とする請求項8に記載の燃料噴射弁の制御装置。

【請求項10】 前記通電制御手段には前記保持給電時の電流を制御する保持電流制御手段が含まれており、この保持電流制御手段は前記開弁駆動信号の終了時点から前記開弁信号が終了するまでの間、前記燃料噴射弁の開弁保持に必要な最小電流値に対応する下限値とこの下限値より所定値大きな開弁保持電流上限値とを検出して前記第二の開閉素子をON-OFF制御し、前記燃料噴射弁の開弁保持を行うと共に、前記第二の比較手段による判定信号の出力時点から前記前記開弁信号の終了時点までの間は前記第三の開閉素子をON状態に保つことを特徴とする請求項9に記載の燃料噴射弁の制御装置。

【請求項11】 前記電流検出手段の出力を比較する第一および第二の比較增幅器の少なくとも一方を備えており、第一の比較増幅器は、前記電磁ソレノイドに対する通電電流が前記第一の閾値を超えたときに動作信号を出力して前記第一の判定信号とし、前記第二の閾値を下回った場合には動作信号を停止して前記第二の判定信号とする正帰還回路にて構成し、この第一の比較増幅器を前記第一の比較手段および第二の比較手段との代替えとし、第二の比較増幅器は、前記開弁保持電流上限値に対応した閾値を越えたときに動作信号を出力し、前記開弁保持に必要な最小電流値を下回ったときに動作信号を停止して前記第二の開閉素子

をON-OFF制御する正帰還回路にて構成し、この第二の比較増幅器を前記保持電流制御手段の代替えとすることを特徴とする請求項7～請求項10のいずれか一項に記載の燃料噴射弁の制御装置。

【請求項12】 前記主電源からの電力を投入して所定時間経過後に前記補助電源の出力電圧が所定値に達していないことを検出し、異常信号を出力する補助電源異常検出手段と、この補助電源異常検出手段が異常信号を出力したとき、前記開弁駆動信号の終了時期を遅らせるか、前記開弁信号の出力時期を早めることにより開弁期間を延長する補助電源異常処理手段とを備えたことを特徴とする請求項5～請求項8のいずれか一項に記載の燃料噴射弁の制御装置。

【請求項13】 前記第一の開閉素子がONして所定の時間が経過した後に前記電磁ソレノイドに対する通電電流が前記第一の閾値を超えないとき異常判定を行う急速給電異常判定手段と、この急速給電異常判定手段が異常判定を出力したとき、前記開弁駆動信号の終了時期を遅らせるか、前記開弁信号の出力時期を早めることにより開弁期間を延長する急速給電異常処理手段とを備えたことを特徴とする請求項5～請求項8のいずれか一項に記載の燃料噴射弁の制御装置。

【請求項14】 前記燃料噴射弁は多気筒内燃機関の個々の気筒に設けられており、前記補助電源が複数の前記燃料噴射弁の電磁ソレノイドに対する急速給電用の電源として共用されることを特徴とする請求項1～請求項6のいずれか一項に記載の燃料噴射弁の制御装置。

【請求項15】 前記燃料噴射弁は多気筒内燃機関の個々の気筒に設けられており、前記第一の開閉素子と前記第二の開閉素子と前記電流検出手段とが相互に均等間隔をおいて開弁動作する一対の電磁ソレノイドに対して共用されると共に、前記第三の開閉素子は各電磁ソレノイドに直列接続されるように構成したことを特徴とする請求項5または請求項6に記載の燃料噴射弁の制御装置。

【請求項16】 前記電流検出手段による検出電流値が過大であるとき異常判定信号を出力する素子異常検出手段を備えており、前記素子異常検出手段が、検出電流値が過大であると判定したとき、一対の電磁ソレノイドに共通に接続された前記第一の開閉素子と前記第二の開閉素子と各電磁ソレノイドに直列接続された前記第三の開閉素子との動作を停止することを特徴とする請求項15に記載

の燃料噴射弁の制御装置。

【請求項17】 前記素子異常検出手段は短絡異常検出手段を備えており、この短絡異常検出手段は、前記電流検出手段による検出電流の立ち上がり微分値が過大であるとき、または、前記急速給電の電流が過大であるとき、または、前記保持給電を帰還制御する帰還制御手段の動作開始時点における保持電流が過大であるときに短絡異常判定信号を出力することを特徴とする請求項16に記載の燃料噴射弁の制御装置。

【請求項18】 前記素子異常検出手段が断路異常検出手段を備えており、前記断路異常検出手段は、前記第一の開閉素子、または、前記第二の開閉素子、または、前記第三の開閉素子のいずれかがONすべき状態にあって前記電流検出手段が電流を検出できないとき、または、前記急速給電時の電流値が過小であるとき、および、前記第三の開閉素子が開路したときに前記第三の開閉素子の両端にサージ電圧が発生しないとき、断路異常判定信号を出力することを特徴とする請求項16、または、請求項17に記載の燃料噴射弁の制御装置。

【請求項19】 前記素子異常検出手段が警報表示器を備えており、この警報表示器は前記短絡異常検出手段が短絡異常判定信号を出力したとき、または、前記断路異常検出手段が断路異常判定信号を出力したとき、これらの信号により警報を表示することを特徴とする請求項17、または、請求項18に記載の燃料噴射弁の制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、車両用内燃機関に燃料噴射を行う燃料噴射弁の制御に関し、特に燃料噴射弁を高速駆動する燃料噴射弁の制御装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

車両には内燃機関の運転状況に対応した各種情報を検知するセンサと、このセンサからの情報に基づき燃料噴射弁の開弁時期と開弁時間とを演算し、内燃機関に供給する燃料の供給量を決定して燃料噴射弁を駆動する制御手段とが搭載され

ており、制御手段は上記の開弁時期と開弁時間とを演算して開弁信号として出力する開弁信号発生手段と、この開弁信号に応動して燃料噴射弁の電磁弁を高電圧で急速駆動した後に低電流で開弁保持する給電制御手段と、開弁信号発生手段や給電制御手段に対する電力供給および燃料噴射弁に対する駆動電力を生成する電源装置などから構成されており、特許文献1～4に示すような技術が開示されている。

【0003】

例えば、特許文献1に開示された技術は、バッテリ電源と通電制御用トランジスタと電磁弁とが直列接続されると共に、通電制御用トランジスタの閉路時に電磁弁に大電流を供給する補助電源を備え、この補助電源は昇圧用DC-DCコンバータと昇圧された直流電圧を蓄電するコンデンサとからなり、電磁弁通電初期の所定期間は通電制御用トランジスタが完全導通状態とされて補助電源からの電流とバッテリ電源からの電流とを通電し、その後は通電制御用トランジスタを通電制御して定電流制御するようにしたもので、通電初期の所定期間を電磁弁のニードルがフルリフトする時間とニードルのバウンドが落ち着く時間との和の時間に設定したものである。

【0004】

また、特許文献2に開示された技術は、電磁弁には昇圧用DC-DCコンバータにより昇圧された直流電圧を蓄電するコンデンサからの給電回路と、逆流阻止ダイオードを含むバッテリ電源からの給電回路と、電磁弁の電流をON-OFF制御する電流制御素子とが設けられており、電流制御素子には電流検出抵抗が直列接続されて、まず、開弁信号により電磁弁には昇圧された電圧が印加されて大電流で駆動され、この電流が所定値まで低下したときにバッテリ電源からの給電に切り替わり、電流検出抵抗の出力により定電流が通電されると共に、電流制御素子OFF時における電磁弁の電磁エネルギーがダイオードによりコンデンサに還流するようにしたものである。

【0005】

さらに、特許文献3には、電磁弁の駆動を駆動当初のみ大電流駆動しその後の所定期間は定電流駆動するものにおいて、大電流駆動する電源には一定の高電圧

を出力する定電圧回路とこの定電圧回路により充電される大容量のコンデンサとを用い、コンデンサの充電を電磁弁のON-OFFに拘わらず自動的に行うことにより、大電流駆動による開弁を高速回転域まで追従できるようにする技術が開示されている。

【0006】

さらにまた、特許文献4には、電磁弁の駆動用に、通電開始時に高速開弁用としてピーク電流を通電するピーク電流供給手段と、ピーク電流通電後にピーク電流より小さいホールド電流を通電するホールド電流供給手段とを備えたものにおいて、ピーク電流を通電するための昇圧回路が故障したとき、昇圧電圧を充電するコンデンサの充電電圧から故障を判定し、開弁時期を早めると共に開弁時間を増加させ、エンジンストールを防止する技術が開示されている。

【0007】

【特許文献1】

特開平7-71639号公報（第2～4頁、第1図）

【特許文献2】

特開2001-234793号公報（第4～6頁、第1図および第2図）

【特許文献3】

特開平11-351039号公報（第4～6頁、第1図～第3図）

【特許文献4】

特開平7-269404号公報（第4～6頁、第1図）

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

以上に説明したような従来技術において、特許文献1に開示された技術においては、電磁弁通電初期の所定期間における駆動エネルギーをコンデンサに充電された昇圧電圧のみに依存せず、通電制御用トランジスタを完全導通状態としてバッテリから全電圧給電することにより開弁駆動エネルギーを補助し、高電圧補助電源の負担を軽減することを目的としている。しかし、コンデンサと電磁弁との間に開閉手段が設けられておらず、そのために開弁保持期間中にはコンデンサに

に対する充電ができず、高速回転域までの追従が困難であると共に、開弁駆動エネルギーがバッテリの電圧によって大幅に変動し、燃料噴射特性が安定しないという欠点を有するものである。

【0009】

また、特許文献2に開示された技術においては、コンデンサから高電圧を供給するスイッチング素子とバッテリから電圧を印加するスイッチング素子とが設けられているため、開弁時における駆動エネルギーの分担は正確に行われるが、この文献においては電磁弁に蓄積された電磁エネルギーをコンデンサに還元することが目的であって、電流制御素子による保持電流の制御精度が低下する欠点がある。すなわち、電流制御素子が導通しているときの電磁弁に対する給電電流は電流検出抵抗にそのまま流れるが、電流制御素子が開路したときの電磁弁の誘導電流はコンデンサと電流検出抵抗とに分流することになり、電流検出抵抗の検出電流は電磁弁に流れる電流とは合致しない。また、電流制御素子をON-OFFしたときに電磁弁に流れる電流のリップルが大きくなり、開弁保持を確実にするためには保持電流を充分な大きさにしておく必要がある。従って、電磁弁や電流制御素子の発熱が増加し、エネルギー損失が増加するものであった。

【0010】

さらに、特許文献3に開示された技術においては、特許文献2の場合と同様にスイッチング素子が別個になっていて開弁時における駆動エネルギーの分担は正確に行われると共に、開弁保持のための定電流制御時には電磁弁の電流が転流ダイオードに還流するようになっており、しかも、電磁弁の励磁電流を高速遮断するスイッチング素子も備えている。しかし、電磁弁に高電圧を印加するためのトランジスタが開路できないような短絡異常が発生した場合には、高電圧印加状態でスイッチング素子を開路することになって、スイッチング素子の耐圧破損を生じる恐れがあり、その結果として電磁弁のソレノイドが焼損する危険性を有するものである。

【0011】

さらにまた、特許文献4に開示された技術においては、ピーク電流が供給不能になっても、開弁時期を早めると共に開弁時間を延長することによりホールド電

流により開弁駆動を行うようにしたものであるから、ホールド電流を単に開弁を保持するために必要な電流に比べて大幅に大きな電流値に設定しておく必要があり、電磁弁の発熱が大きくなると共に、この発熱を抑制するためには通常時に充分な高電圧を印加して高速開弁することができなくなる。

【0012】

この発明は、このような課題を解決するためになされたもので、その第一の目的は主電源となるバッテリの電圧変動があっても安定した燃料噴射ができるようになると共に、電流制御素子の短絡事故が生じても異常加熱による焼損・火災を防止し、また、第二の目的は急速給電するための高圧補助電源が異常となつても確実に待避運転が可能な燃料噴射弁の制御装置を得るところにある。

【0013】

【課題を解決するための手段】

この発明に係わる燃料噴射弁の制御装置は、車両に搭載された主電源からの電圧を昇圧する補助電源と、補助電源の電圧を燃料噴射弁を駆動する電磁ソレノイドに通電する第一の開閉素子と、主電源からの電圧を電磁ソレノイドに通電する第二の開閉素子と、補助電源の最大出力電圧より高い耐電圧制限特性を有しており、電磁ソレノイドに対する供給電流を高速遮断する第三の開閉素子と、電磁ソレノイドに対する通電電流を検出する電流検出手段と、内燃機関の運転情報を入力して燃料噴射弁の開弁時期と開弁期間とに対応した開弁信号と開弁駆動信号とを出力する開弁信号発生手段と、開弁信号発生手段の信号により電磁ソレノイドに対する給電を制御する通電制御手段とを備え、通電制御手段が開弁信号発生手段の開弁駆動信号を受けて第一の開閉素子により補助電源から急速給電を電磁ソレノイドに与え、続いて第二の開閉素子により主電源から持続給電を行い、開弁駆動信号終了後の開弁信号継続中は電流検出手段の検出電流値に基づく帰還制御により第二の開閉素子のON/OFF制御による保持給電を行い、開弁信号の終了と共に第三の開閉素子により電磁ソレノイドに対する給電を高速遮断すると共に、補助電源の出力電圧の最小値が主電源の電圧の最大値より大きな値に設定され、少なくとも急速給電中は補助電源の昇圧動作を停止するように構成したものである。

【0014】

【発明の実施の形態】

実施の形態1.

図1ないし図3は、この発明の実施の形態1による燃料噴射弁の制御装置を説明するもので、図1は構成を説明する回路図、図2は動作を説明する特性図、図3は動作を説明するフローチャートである。図において、燃料噴射弁および制御装置には主電源1からキースイッチ2を介して電力が供給される。主電源1は例えば12V系の車載バッテリであり、車両の運転状態の変化により実働電圧が最低値の約10Vから最高値の約16Vまで変動するものである。

【0015】

主電源1の電力は定電圧電源3に供給され、ここで例えばDC5Vの安定した定電圧に変換されてCPU4aに供給される。CPU4aはフラッシュメモリなど不揮発メモリMEMや演算処理用のRAMなどを備えており、内燃機関の運転状態を検出するセンサ群5からの情報入力を受け、制御条件を演算する。センサ群5は、例えば回転センサ、クランク角センサ、エアフローセンサ、気筒圧センサ、空燃比センサ、水温センサなど、多数のON-OFFセンサやアナログセンサから構成され、これらの出力は図示しない入力インターフェイスやAD変換器を介してCPU4aに入力される。

【0016】

なお、この実施の形態におけるCPU4aは燃料噴射を制御する機能を備えており、センサ群5を構成する各種センサからの情報入力と不揮発メモリMEMに記憶されたプログラムとに基づき、後述するように図2の特性(a)と(b)とに示す開弁信号PL1と開弁駆動信号PL2とを出力する開弁信号発生手段の機能を有するものである。この開弁信号PL1は内燃機関の回転速度と供給すべき燃料の量に対応した信号で、燃料噴射弁の開弁時期から閉弁時期までの全期間において論理レベルがHになるものであり、開弁駆動信号PL2は、開弁信号PL1がHレベルになってから所定の期間Tkの間において論理レベルがHなるものであって、開弁駆動信号PL2は後述する急速給電期間と持続給電期間との合計期間Hレベルになるものである。

【0017】

図1に点線で囲った補助電源6は誘導素子7とダイオード8と高圧用のコンデンサ9と励磁用開閉素子10と電流検出抵抗11とゲート回路12と駆動抵抗13と判定回路14とから構成された高電圧用の補助電源であり、誘導素子7には主電源1から励磁用開閉素子10と電流検出抵抗11とを介して給電がなされ、励磁用開閉素子10の開路により誘導素子7に蓄積された電磁エネルギーがダイオード8を介してコンデンサ9に放出され、コンデンサ9には高電圧が充電されるように構成されている。

【0018】

ゲート回路12には上記した開弁駆動信号PL2を入力する反転論理素子15の出力が入力され、開弁駆動信号PL2がHレベルにあるとき、すなわち後述する急速給電期間と持続給電期間との間、反転論理素子15の論理出力がLレベルとなってゲート回路12に入力されて励磁用開閉素子10の導通は禁止される。また、判定回路14は電流検出抵抗11の両端電圧が所定値以下であるときに通電指令を出力してゲート回路12と駆動抵抗13とを介して励磁用開閉素子10を導通させると共に、電流検出抵抗11の両端電圧が所定値以上となった後の所定期間は通電指令を解除して励磁用開閉素子10の駆動を停止し、この停止期間にコンデンサ9を充電する。このようにして励磁用開閉素子10のON-OFFを繰り返すことによりコンデンサ9を充電し、充電電圧が所定値V_{pmax}に達すると判定回路14がこれを検出して通電指令を停止し、コンデンサ9への充電を停止する。

【0019】

CPU4aの開弁信号PL1と開弁駆動信号PL2は給電を制御する論理回路16に与えられ、論理回路16はこれらの信号に基づく制御信号Aと制御信号Bと制御信号Cとの三つの制御信号を出力する。制御信号Aはベース抵抗17と駆動トランジスタ18と駆動抵抗19とを介して第一の開閉素子20に与えられ、制御信号Bはベース抵抗21と駆動トランジスタ22と駆動抵抗23とを介して第二の開閉素子24に与えられ、制御信号Cは駆動抵抗25を介して第三の開閉素子26に与えられる。第一の開閉素子20と第二の開閉素子24と第三の開閉

素子26とはバイポーラ型または電界効果型のパワートランジスタにより構成されるものであり、第三の開閉素子26は補助電源6の最大出力電圧より高い値の遮断電圧制限機能（耐電圧制限特性）を有するものである。また、この実施の形態においては論理回路16が各開閉素子の電流を制御する通電制御手段としての機能を与えられている。

【0020】

第一の開閉素子20はコンデンサ9の充電電圧を燃料噴射弁の電磁ソレノイド27に供給し、コンデンサ9の電圧が高電圧であるために制御信号Aがハイレベルになるとと共に電磁ソレノイド27には急速給電がなされる。第二の開閉素子24は逆流阻止ダイオード28を介して電磁ソレノイド27に接続され、制御信号Bがハイレベルの期間において電磁ソレノイド27に主電源1からの持続給電がなされる。第三の開閉素子26は電磁ソレノイド27の電流を遮断制御するものであり、制御信号Cがハイレベルの期間において電磁ソレノイド27に対する通電を可能にする。電磁ソレノイド27の通電電流は第三の開閉素子26と電流検出抵抗29とを介して通電され、電磁ソレノイド27と第三の開閉素子26と電流検出抵抗29とには並列に転流ダイオード30が接続されている。

【0021】

電流検出抵抗29の端子電圧は増幅器31とA/D変換器32とを介して論理回路16に与えられ、これらで電流検出手段を構成するものである。論理回路16は上記した各制御信号を出力すると共に、エラー信号ERをCPU4aに対して出力する。CPU4aはこのエラー信号ERに基づく信号を警報表示器33に出力する。なお、上記した論理回路16が出力する各制御信号A、B、Cは図2の特性(e)～(g)に示すものである。

【0022】

各種信号と通電の状態は図2の特性図に示すとおりであり、開弁信号PL1は開弁駆動期間（急速給電期間+持続給電期間）と開弁保持期間との間においてHレベルとなり、開弁駆動信号PL2は開弁駆動期間（急速給電期間+持続給電期間）の間においてHレベルとなる。制御信号Aは、開弁駆動信号PL2の前半期間において論理レベルがHとなり、この期間において第一の開閉素子20が導通

し、急速給電が行われる。その結果、特性(c)に示すとおり、電磁ソレノイド27の励磁電流が立ち上がってピーク値 I_a に到達し、電流検出抵抗29と論理回路16とからなるピーク電流検出手段により制御信号Aの論理レベルがLに復帰して急速給電が停止される。ピーク電流検出手段は、例えば電磁ソレノイド27の励磁電流と第一の閾値(すなわち、所定のピーク電流値 I_a)とを比較する比較手段から構成することができる。

【0023】

また、制御信号Bは図2の特性fに示すように開弁駆動信号PL2のHレベルにおける全期間で論理レベルがHとなって持続給電が行われると共に、開弁信号PL1の開弁保持期間では論理レベルが繰り返して変化し、開弁保持電流の制御が行われる。制御信号Aが開弁駆動信号PL2の持続給電期間において論理レベルがLとなることにより、第一の開閉素子20はOFF状態となるが、第二の開閉素子24は制御信号Bにより導通を維持するので図の(c)に示すとおり電磁ソレノイド27の励磁電流はピーク値 I_a から減衰を始め、持続給電の最終時期においては電流が I_b まで減衰する。

【0024】

開弁信号PL1の後半期間、すなわち、開弁保持期間における制御信号Bの変化は、図の特性(c)に示す如く、電磁ソレノイド27の励磁電流が帰還制御の目標上限値 I_d を超えると論理レベルLとなり、電磁ソレノイド27の励磁電流が帰還制御の目標下限値 I_e 未満になると論理レベルHとなる。さらに、制御信号Cは、図の(g)に示すとおり開弁駆動信号PL2が論理レベルHからLに変化した直後の一時期と、開弁信号PL1が論理レベルLであるときに論理レベルLとなる。

【0025】

開弁駆動信号PL2が論理レベルHからLに変化した直後においては、電磁ソレノイド27の励磁電流は図の特性(c)に示した持続給電の最終値 I_b から減衰判定電流 I_c に減衰するまでの間、第二の開閉素子24と第三の開閉素子26とは不導通であり、特に、高速遮断が行える第三の開閉素子26が不導通となることにより電磁ソレノイド27の励磁電流は急速に減衰し、電磁ソレノイド27

の温度上昇を抑制する。なお、特性（c）において各電流値は、励磁電流のピーク値 I_a > 持続給電最終電流値 I_b > 減衰判定電流値 I_c > 帰還制御電流の目標下限値 I_e の関係となる。

【0026】

開弁信号 $P_L 1$ が論理レベル H から L に変化した後は第二の開閉素子 2_4 と第三の開閉素子 2_6 とは遮断状態となるが、特に第三の開閉素子 2_6 の遮断により電磁ソレノイド 2_7 の励磁電流は急速減衰し、燃料噴射弁は急速閉弁動作が行われる。内燃機関の運転状態によっては図2（a）に示した開弁保持期間が極めて短い場合もあり得ることであるが、このような場合においても開弁駆動信号 $P_L 2$ が論理レベル H から L に変化した直後における第三の開閉素子 2_6 の高速遮断は急速閉弁動作を行うことに寄与するものである。図2の特性（h）は第三の開閉素子 2_6 が遮断されたときにその両端に発生するサージ電圧の波形を示したものであり、このサージ電圧の最大値は第三の開閉素子 2_6 の遮断電圧制限特性により決定されるものである。

【0027】

図2の特性（d）は補助電源6の電圧特性を示したもので、制御信号Aが H レベルとなり第一の開閉素子 2_0 がON状態となった急速給電期間においてはゲート回路 1_2 によりコンデンサ9の充電は禁止されており、一方でコンデンサ9の電荷が第一の開閉素子 2_0 を介して電磁ソレノイド 2_7 に放出されるので、補助電源6の出力電圧は充電終期の最大電圧 V_{pmax} から放電終期の最小電圧 V_{pmin} まで減衰する。制御信号Aが L レベルになって第一の開閉素子 2_0 がOFFになるとコンデンサ9の放電は停止するが、充電は開始されず電圧 V_{pmin} を維持する。開弁駆動信号 $P_L 2$ が L レベルになり、持続給電期間が終了すると補助電源6の励磁用開閉素子 1_0 のON-OFF動作が開始され、コンデンサ9は徐々に充電されて電圧が上昇し、やがて最大電圧 V_{pmax} に到達すると励磁用開閉素子 1_0 の動作が停止し、次回の放電に備える。

【0028】

なお、補助電源6の最小電圧 V_{pmin} は主電源1の電圧最大値 V_{bmax} より大きな値になるよう設定されており、電磁ソレノイド 2_7 の開弁駆動のための

給電エネルギー全てが補助電源6のコンデンサ9に蓄積されていた電荷の一部によって賄われるため、この間に主電源1からは電磁ソレノイド27にエネルギーが供給されず、エネルギーの分担が確定する。また、急速給電期間と持続給電期間とを合わせた開弁駆動期間が過ぎると、直ちにコンデンサ9に対する充電が開始されるので、次回の急速給電までには確実に所定電圧 V_{pmax} が確保されることになる。

【0029】

主電源1の出力電圧は上記したように、車両の運転状態の変化により最低値の約10V(V_{bmin})から最高値の約16V(V_{bmax})まで変動するが、電圧が最小値の V_{bmin} であっても燃料噴射弁の開弁駆動は可能なように電磁ソレノイド27の仕様が設定されており、図2の特性(c)における開弁保持電流 $I_h = (I_d + I_e) / 2$ に対応した開弁保持電圧 $V_h = I_h \times R$ (ただしRは電磁ソレノイド27の巻線抵抗)は小さな値となり、主電源1の電圧が最大値 V_{bmax} であるときには V_{bmax} と V_h との比は非常に大きくなる。

【0030】

このように、高い電源電圧状態(V_{bmax})で小さな開弁保持電圧 V_h を安定的に得るために、第二の開閉素子24がOFFしたときに電磁ソレノイド27の励磁電流が緩慢に減衰するように設けられた転流ダイオード30が重要な役割を持つと共に、第二の開閉素子24のON-OFF周期は電磁ソレノイド27の誘導時定数(インダクタンスと巻線抵抗の比率)に比べて充分短い時間となるよう設定されている。

【0031】

補助電源6の平均電圧 $V_{pa} = (V_{pmax} + V_{pmin}) / 2$ の値と、開弁保持電圧 $V_h = I_h \times R = R \times (I_d + I_e) / 2$ の値と、主電源1の出力電圧 $V_{bmin} \sim V_{bmax}$ の値との関係は、理想的には $(V_{pa} / V_{bmax}) \approx (V_{bmin} / V_h)$ が目標仕様となるが、少なくとも次式の関係を維持することが望ましい。

【数式1】

$$(V_{bmax} / V_h)^2 > (V_{pa} / V_h) > (V_{bmin} / V_h)^2 \quad \dots \quad (1)$$

この数式1の関係は次式から誘導されるものである。

$$V_{pa} / V_{bmin} > V_{bmin} / V_h \quad \dots \quad (2)$$

$$V_{pa} / V_{bmax} < V_{bmax} / V_h \quad \dots \quad (3)$$

この(2)式と(3)式を変形して次の(4)と(5)式が得られる。

$$V_{pa} \times V_h > V_{bmin}^2 \quad \dots \quad (4)$$

$$V_{pa} \times V_h < V_{bmax}^2 \quad \dots \quad (5)$$

この(4)式と(5)式とを一つにまとめ、各辺を V_h^2 で除算することにより(1)式が得られるものである。

【0032】

電磁ソレノイド27において内外径と横幅寸法が同一である場合、起磁力（電流×巻き数）は電磁ソレノイド27に許される消費電力Wの平方根に比例する。寸法と起磁力と消費電力を一定にした場合には、線径を大きくして低抵抗・大電流設計とした方が必要とされる励磁電圧は低くなり、線径を小さくして高抵抗・小電流設計とすれば必要とされる励磁電圧は高くなる。従って、電磁ソレノイド27の開弁保持電圧 V_h はいかようにでも小さく設計でき、補助電源6の出力電圧が小さくても十分な倍率の急速給電を行うことになるが、そのかわり電磁ソレノイド27の励磁電流が過大となって各開閉素子の消費電力が増大する。

【0033】

逆に、電磁ソレノイド27の開弁保持電圧 V_h が大きくなるように設計した場合には電磁ソレノイド27の励磁電流が小さくなつて各開閉素子の消費電力は減少するが、充分な倍率の急速給電を行うためには補助電源6の出力電圧が過大となり、また、補助電源6が作動停止すると主電源1により電磁ソレノイド27を開弁駆動することができなくなってしまう。上記(2)式の関係を維持するためには左辺の値を上限値とした場合には右辺の開弁保持電圧 V_h の値が過小であつてはならないので、結果として電磁ソレノイド27の励磁電流が過大となるのを制限する条件となっている。また、上記(3)式の関係を維持するためには右辺の値を上限値とすると左辺の補助電源6の出力電圧 V_{pa} が過大であつてはならないので、結果として各開閉素子や電磁ソレノイド27に印加される最大電圧が過

大となるのを制限する条件となっている。

【0034】

以上のように構成されたこの発明の実施の形態1による燃料噴射弁の制御装置において、図2と図3とに基づきその動作を説明すると次の通りである。図において、キースイッチ2がONされるとCPU4aが動作を開始し、図2の(a)と(b)とに示す開弁信号PL1と開弁駆動信号PL2とを出力する。この信号により論理回路16が動作して図2の(e)～(g)に示す制御信号Aと制御信号Bと制御信号Cとが出力され、図1における第一の開閉素子20と第二の開閉素子24と第三の開閉素子26との導通が制御されると共に、開弁駆動信号PL2が論理レベルLとなっている期間においては補助電源6のコンデンサ9が所定電圧まで充電される。このコンデンサ9に対する充電は急速給電の開始と共に停止されるが、急速給電の開始は上記したように反転論理素子15に開弁駆動信号PL2が与えられることにより検知し、従って、この実施の形態では反転論理素子15が急速給電検出手段として機能する。

【0035】

開弁駆動信号PL2が論理レベルHになると共に制御信号Aは論理レベルHとなり、第一の開閉素子20がONして電磁ソレノイド27に対する急速給電が開始され、この急速給電期間において燃料噴射弁の開弁動作が開始される。第一の開閉素子20がOFFしており、第二の開閉素子24がONしている期間は制御信号Bの論理レベルが継続的に「H」となっており、電磁ソレノイド27に対する持続給電が行われ、持続給電期間中においては燃料噴射弁の開弁状態が維持される。

【0036】

続く開弁保持期間においては制御信号Bの論理レベルがHとLとを交互に変化して第二の開閉素子24がON-OFF動作を行い、電磁ソレノイド27に対する開弁保持電流が供給され、この開弁保持電流は電磁ソレノイド27が開弁保持しておくことが可能な最小電流値以上のなるべく小さな電流値に設定される。第三の開閉素子26は制御信号Cによって導通制御され、開弁保持期間における余剰な減衰電流を速やかに減衰させたり、漸減減衰電流による閉弁動作遅れを低減

して急速閉弁動作を行うように構成されている。

【0037】

論理回路16の論理動作と等価な動作を図3に基づき説明すると、ステップ300にて周期的に活性化される動作を開始し、ステップ301にて開弁信号PL1と開弁駆動信号PL2とが共に論理レベルLからHに変化したかどうかを判定する。PL1とPL2とがHレベルになっておればステップ302に進み、開弁する。PL1とPL2とがHレベルにならなければステップ303に進んで制御信号AをHレベルに、制御信号BをHレベルに、制御信号CをHレベルに変更する。このステップ303では第一の開閉素子20と第三の開閉素子26とがONして電磁ソレノイド27に急速給電が行われる。なお、このステップでは第二の開閉素子24も制御信号BによってONするが、電磁ソレノイド27には第一の開閉素子20から高電圧が印加されているので主電源1からの給電は行われない。

【0038】

続くステップ304では電磁ソレノイド27に流れる励磁電流が所定のピーク電流Iaに達したかどうかが判定され（上記した第一の閾値と比較され）、所定のピーク電流Iaに達しておればステップ305に進んで、制御信号Aの論理レベルをHからLに変更し、制御信号Bと制御信号CとはHレベルを維持する。従って、第一の開閉素子20はOFF状態となり、第二の開閉素子24と第三の開閉素子26とはON状態を維持され、電磁ソレノイド27の電流は主電源1からの持続給電に変わる。

【0039】

なお、ステップ304で励磁電流がピーク電流Iaに達していなければステップ302に戻ってステップ304までの工程を繰り返し、励磁電流のピーク値到達を待つことになるが、補助電源6の出力電圧不足や第一の開閉素子20がONできない異常によりステップ304での判定がYESとなる前にステップ302で判定がYES（開弁駆動信号PL2が論理レベルLに復帰）となった場合にはステップ306に進んでエラー信号出力ERをセットする。

【0040】

ステップ305にて各制御信号をセットした後にはステップ307に進み、ここでは開弁駆動信号PL2が論理レベルHからLに変化したかどうかを判定し、ここでの判定がNOであったときにはステップ305に戻ってステップ305とステップ307とを繰り返し、ステップ307での判定がYESであった場合とステップ306でのエラー信号出力後とにはステップ308に進んで、制御信号AをLに維持し、制御信号BとCとをHからLに変える。従って、第一の開閉素子20はOFFを継続し、第二の開閉素子24と第三の開閉素子26とがOFFとなって電磁ソレノイド27の励磁電流を高速遮断する。続くステップ309では電磁ソレノイド27の励磁電流Iが減衰判定電流Ic以下となったかどうかを判定し、ここでの判定がNOであったときにはステップ308に戻ってステップ308とステップ309とを繰り返す。

【0041】

ステップ309での判定がYESであったときにはステップ310に進み、開弁信号PL1の論理レベルがHからLに変化したかどうかを判定する。ここでPL1が変化なくHのままであればステップ311にて制御信号Cを再びHに戻してステップ312に進み、電磁ソレノイド27の励磁電流Iが帰還制御の下限値であるIe以下に減少したかどうかを判定し、減少しておればステップ313に進んで制御信号AをLに維持し、制御信号BをLからHに変更する。従って、このステップでは第一の開閉素子20はOFFのままであり、第二の開閉素子24はONして第三の開閉素子26はステップ311でONになっているので電磁ソレノイド27に対する開弁保持給電が開始され、励磁電流を下限値のIe以上にする。すなわち、Ieは第二の閾値電流であり、電磁ソレノイド27の励磁電流IがIeを下回れば、例えば、第二の比較手段がこれを検知して第二の開閉素子24をONにするものである。

【0042】

ステップ313の動作後、および、ステップ312にて励磁電流Iが下限値であるIe以上であったときにはステップ314に進んで、電磁ソレノイド27の励磁電流Iが帰還制御の上限値であるId以上になったかどうかを判定し、励磁電流IがId以上であればステップ315に進み、制御信号AをLに維持し、制

御信号BをHからLに変化させ、制御信号CをHに維持する。従って、ステップ315では第一の開閉素子20はOFFが維持され、第二の開閉素子24はOFFに変わり、第三の開閉素子26はONを継続して電磁ソレノイド27の励磁電流がなだらかに減衰するようになる。

【0043】

ステップ314において励磁電流Iが I_d 以上でないとき、および、ステップ315の動作完了後はステップ310に戻り、ステップ310での判定がNOである間はステップ310からステップ315の動作を繰り返し、電磁ソレノイド27の励磁電流が $I_e \sim I_d$ の範囲となるように制御する。なお、点線で囲んだステップ316はステップ312からステップ315により構成されたブロックであり、このブロックは開弁保持電流が $I_e \sim I_d$ の範囲となるように制御する保持電流制御手段となるものである。なお、 I_e は電磁ソレノイド27を開弁保持しておくのに必要な最小電流値より若干大きな値に設定され、 I_d は I_e より所定値大きな値に設定されるものである。

【0044】

最初のステップ301においてPL1とPL2とがLレベルであったとき、および、ステップ310にてPL1がLに変化していた場合にはステップ317に進むことになり、ここでは制御信号A～Cの全てをLレベルにセットする。従って、ステップ317では第一の開閉素子20と第二の開閉素子24と第三の開閉素子26との全てがOFF状態となって電磁ソレノイド27に対する給電が停止された状態となる。続くステップ318ではキースイッチ2が投入されてから所定時間後にタイムアップ出力を発生する図示しない電源タイマの動作を監視して所定時間が経過しているかどうかを判定し、この所定時間は、例えば、主電源1の電圧が最小値 $V_{b\min}$ であるときに、補助電源6内のコンデンサ9の電圧が0から最大電圧 V_{pmax} まで充電されるのに必要な時間に設定される。

【0045】

ステップ318で所定時間が経過しておればステップ319に進み、ここで例えば、補助電源6の出力電圧が所定の最小電圧 V_{pmin} 以上となっているかどうかを判定する。この判定は論理回路16に接続された図示しない比較回路の出

力を監視することにより行われるものであり、所定電圧になっていなければステップ320に進んでエラー信号出力ERをセットする。ステップ319で所定電圧に達していたとき、および、ステップ318で判定がNOであったときとステップ320でエラー信号をセットした後とはステップ321の最終工程に進み、論理回路16はその他の制御を行うための待機を行ってから動作開始工程であるステップ300に戻る。

【0046】

ステップ306、または、ステップ320にてエラー信号出力ERがセットされると、CPU4aは開弁信号PL1の発生時期を早めるか、開弁駆動信号PL2の終了時期を遅くし、開弁駆動信号PL2の発生期間を延長すると共に、警報表示器33を作動させる。その結果、補助電源6が異常となって充分な出力電圧が得られなかった場合でも、第二の開閉素子24から逆流阻止ダイオード28を介して主電源1からの電流が電磁ソレノイド27に給電され、応答遅れは発生するものの燃料噴射弁の開弁動作を行って退避運転が行われる。従って、ステップ319が補助電源異常検出手段として機能し、ステップ320が補助電源異常処理手段として機能することになり、運転の継続を可能にする。

【0047】

なお、ステップ306、または、ステップ320にてエラー信号出力ERが発生した場合、開弁駆動期間を延長するだけでなくピーク電流Iaの設定値も幾分低く設定し、それだけの処置を行ったにも関わらずステップ306でエラー信号出力ERが発生する場合には給電停止信号を発生し、電磁ソレノイド27に対する給電を停止することもできる。

【0048】

以上のように構成されたこの発明の実施の形態1による燃料噴射弁の制御装置によれば、補助電源6は主電源1の電圧変動の影響を受けることなく安定した開弁電圧を電磁ソレノイド27に供給することができ、補助電源6からの給電中は昇圧が停止され補助電源6の過負荷を防止すると共に、持続給電中の昇圧停止は第一の開閉素子20の短絡時において補助電源6の電圧を低下させ、第三の開閉素子26の破損を防止する。また、帰還制御により開弁保持期間における保持電

流や印可電圧を所定の範囲に制御するので電磁ソレノイド27や開閉素子などの温度上昇や過大な電気的ストレスを防止することができ、さらに、補助電源6や各開閉素子の異常に対しても待避運転を可能にすることができるものである。さらにこの実施の形態では第一の開閉素子20と第二の開閉素子24とは並列関係にあるので両開閉素子の選択的導通を行うことにより電磁ソレノイド27の温度を抑制することも可能である。

【0049】

また、保持電流制御のために第二の開閉素子24をON-OFFしたときには転流ダイオード30に電磁ソレノイド27の誘導電流が還流して電流の変化が緩慢となり安定した保持電流制御が可能になり、電磁ソレノイド27に対する急速給電中は補助電源6の励磁用開閉素子10をOFFするのでコンデンサ9は高電圧を維持することなく放電と共に電圧が低下し、電磁ソレノイド27の温度上昇の抑制や第一と第三の開閉素子の破損を防止することができるものである。さらに、電磁ソレノイド27に流れる励磁電流が所定のピーク電流Iaに達したことにより急速給電を停止して持続給電に移行するので電磁ソレノイド27の温度上昇は抑制され、持続給電終了後は一時的に第三の開閉素子をOFFするので励磁電流は急速に低減し、高速閉弁することができる。

【0050】

実施の形態2.

図4ないし図6は、この発明の実施の形態2による燃料噴射弁の制御装置を説明するもので、図4は構成を説明する回路図、図5は動作を説明する特性図、図6は動作を説明するフローチャートであり、以下に上記した実施の形態1の場合との相違点を中心に構成と動作とを説明する。

【0051】

この実施の形態におけるCPU4bは、センサ群5を構成する各種センサからの情報入力と不揮発メモリMEMに記憶されたプログラムとに基づき、図5の特性(a)に示すような開弁信号PL1を出力する。また、論理回路16bはCPU4bからの開弁信号PL1に基づき、図5の特性(b)に示す開弁駆動信号PL2と、図5の特性(e)～(g)に示す制御信号Aと制御信号Bと制御信号C

とを出力する。従って開弁信号発生手段の機能を持つCPU4 bからPL1が出力され、制御手段の機能を持つ論理回路16 bから各制御信号とPL2とが出力される。

【0052】

電磁ソレノイド27の電流を制御する第三の開閉素子26の電流を検出する電流検出抵抗29の端子電圧は増幅回路34を介して論理回路16 bに入力されるが、増幅回路34は第一の比較増幅器35 aおよび第二の比較増幅器35 bと、入力抵抗36 aおよび36 bと、閾値電圧信号発生手段37 aおよび37 bと、正帰還抵抗38 aおよび38 bとから構成されている。入力抵抗36 aおよび36 bは電磁ソレノイド27の電流を検出する電流検出抵抗29の端子電圧を第一の比較増幅器35 aおよび第二の比較増幅器35 bの正側入力端子に印加するものであり、両比較増幅器35 aおよび35 bの出力が論理回路16 bに入力される。そして、これら電流検出抵抗29と両比較増幅器35 aと35 bとで電流検出手段を構成している。

【0053】

閾値電圧信号発生手段37 aの閾値は図5の(c)におけるピーク電流Iaが電流検出抵抗29に流れたときの電流検出抵抗29の端子電圧に相当する閾値電圧に設定されており、電磁ソレノイド27の励磁電流が所定のピーク電流Ia以上になったとき比較増幅器35 aの出力が論理レベルHとなって論理回路16 aに入力されるように構成されている。すなわちこの閾値は、実施の形態1にて説明した第一の閾値に相当するものである。なお、第一の比較増幅器35 aの出力レベルが一旦論理レベルHになると正帰還抵抗38 aの作用により、電磁ソレノイド27の励磁電流が図5(c)の減衰判定電流Ic以下になるまでは論理レベルHを維持するように設定されている。

【0054】

また、閾値電圧信号発生手段37 bの閾値は図5(c)に示す上限電流Idが通電したときの電流検出抵抗29の両端電圧に相当する閾値電圧になっており、電磁ソレノイド27の励磁電流が上限電流Id以上になったとき第二の比較増幅器35 bの出力が論理レベルHとなって論理回路16 bに入力されるように構成